

doi:10.3772/j.issn.2095-915x.2016.05.011

国际新能源汽车产业前沿热点 与科研合作的图谱分析

胡泽文¹, 仲海东², 毛婷婷¹

(1. 南京信息工程大学经济管理学院 江苏南京 210044; 2. 南京信息工程大学计算机与软件学院 江苏南京 210044)

摘要: 新能源汽车产业已经成为国家战略性产业的一部分, 相关研究逐年增多。为此, 本文利用 CiteSpace III 可视化分析软件, 将 Web of Science 中新能源汽车产业的相关文献作为样本数据, 通过国家、作者和文献关键词的共现分析, 以及引文被引聚类分析等直观可视化的方式展示出国内外新能源汽车产业研究的前沿与热点主题, 国家和作者的科研合作情况, 揭示国际新能源汽车产业研究的起源文献和核心知识基础, 为新能源产业的政策制定、企业的研发形式变化、领域研究选题等方面提供指引。

关键词: 新能源汽车产业, CiteSpace, 研究前沿, 热点, 科学知识图谱

中图分类号: G35, TP391

Mapping Studies on New Energy Automotive Industry: Latest Topics, Hotspots and Research Cooperation

HU ZeWen¹, Zhong HaiDong², MAO TingTing¹

(1. School of Economics and Management, Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing 210044, China; 2. School of Computer and Software, Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing 210044, China)

基金项目: 本文受国家自然科学基金项目(71603128), 江苏省自然科学基金项目(BK20160974), 江苏高校哲学社会科学一般项目(2015SJB068), 江苏省高校自然科学研究面上项目(15KJB110015), 中国制造业发展研究院开放课题(SK20140090-5), 校级大学生创新创业训练计划资助项目(201610300113), 南京信息工程大学人才启动基金(2014r062)资助。

作者简介: 胡泽文(1985-), 男, 江苏南京人, 讲师, 管理学博士, 研究方向: 科学计量学与科技评价。

Abstract: New energy automotive industry has become a part of national strategic industry, thus a large amount of related articles have been published in recent years. Therefore, this paper utilized a visualized tool named “CiteSpace III”, and used the literatures of new energy automotive industry from Web of Science, to conduct a series of visualized analysis covering the co-occurrence analysis of countries, authors and keywords, as well as the co-citation analysis of cited papers. Through the visualized analyzing, we presented the research frontier and hotspots of new energy automotive industry, the mutual cooperation relations among countries and authors, and revealed the original literature and knowledge basis in field of new energy automotive industry. Through this study, we also want to provide some guidelines for the policy makers of new energy industry, the researchers and developers of enterprises, and the selection of research topics, et ac.

KeyWords: New energy automotive industry, CiteSpace, research frontier, hotspots, knowledge mapping

1 引言

近年来,新能源汽车可谓“顺势而生”,在大气污染日益严峻的形势下,发展新能源产业已成为未来的必然趋势。目前的汽车产业主要消耗石油等传统能源,而伴随汽车的普及,传统能源日渐枯竭,存储量骤降,并释放出温室气体,导致气温上升。全球也已明确制定了“开发新能源”政策。2016年19日,国务院办公厅发布的《能源发展战略行动计划(2014-2020年)》将新能源产业重要分支——氢能与燃料电池作为占能源科技创新战略方向,将纯电动汽车和混合动力汽车产业发展作为今后10年的主要任务。种种现状表明,汽车运用新能源不失为一种更好的选择。目前,新能源汽车产业的开发转变了传统的石油盈利模式,增加了国家财富,符合人类可持续发展。从经济方面,传统能源昂贵,开发新能源能够节约成本;从环境方面,减少温室气体的排放,保护环境;从产业结构的调整方面,可以调整国家产业结构。新能源产业的研究和推广将会推动国家经济和社会健康绿色可持续发展,带来巨大的社会效益。

尽管新能源产业研究领域已经涌现大量研究文献^[1-4],然而目前国内外学者运用科学知识图谱对国内外新能源汽车产业研究起源、知识基础、研究主体及其合作情况、研究热点与前沿主题进行全方位可视化解读的文献还相对较少。而这方面的解读能够让读者清晰直观地了解一个领域的概貌和新的动向,在图表分析的指导下,很快找到该领域的经典文献,主要研究国家、机构和作者,进行深入研究,同时也能够快速了解该领域研究的新动向,发现新问题。

CiteSpace是由美国德雷塞尔的陈超美教授开发的一款具有引文可视化分析功能的实用性软件。主要着眼于分析科学分析中包含的潜在知识,在科学计量学与数据可视化的背景下逐渐发展。科学知识图谱可以通过可视化的手段来呈现科学知识的结构、规律和分布情况,预测出相关领域的研究热点与前沿^[5-7]。科学知识图谱已经在许多领域得到广泛应用,胡泽文和武夷山(2013)利用科学知识图谱分析工具Citespace II分析了数字资源保存的研究进展、热点与前沿^[8]。2016年,胡泽文和武夷山融合TDA、HistCite、CitespaceII、Ucinet和SATI 3.1等文献计量与可视化分析软件

展示出零被引研究领域的历史发展脉络，领域内的重要文献和最新进展，领域科研团队的数量和规模情况，同时识别出国内外零被引研究的高频主题词及其之间的相互关系^[9]。2014年孙建军融合 CiteSpace II、SATI 3.1 和 Netdraw 等文献计量与可视化分析软件全面解读了国际链接分析研究的起源文献、核心知识基础、国家和作者科研合作情况、研究热点与前沿主题^[10]。

综上所述，本文主要利用近十年国内外新能源汽车产业研究的文献数据，绘制出科学知识图谱，以可视化直观的方式展示出国际新能源汽车产业研究的前沿与热点主题，国家和作者的科研合作情况，揭示国际新能源汽车产业研究的起源文献和核心知识基础，为相关部门新能源汽车产业的政策制定、企业的研发形式变化、领域研究选题等方面提供指引。

2 数据来源及趋势分析

通过仔细研读新能源汽车产业领域的相关论文、专利、网络文献、技术报告和战略规划，构建了一个新能源汽车产业研究密切相关的检索式：TI=(electric vehicle) OR TI=(electric automobile) OR TI=(electric car) OR TI=(hybrid vehicle) OR TI=(hybrid automobile) OR TI=(hybrid car) OR TI=(new energy vehicles) OR TI=(new energy automobile) OR TI=(new energy car) OR TI=(hydrogen fuel cell vehicles) OR TI=(hydrogen fuel cell automobile) OR TI=(hydrogen fuel cell car) OR TI=(fuel cell vehicle based on hydrogen) OR TI=(fuel cell automobile based on hydrogen) OR TI=(fuel cell car based on hydrogen) OR TI=(hydrogen engine vehicle) OR TI=(hydrogen engine automobile) OR TI=(hydrogen engine car) OR TI=(hydrogen

energy vehicle) OR TI=(hydrogen energy automobiles) OR TI=(hydrogen energy car) OR TI=(charging pile) 精确检索 Web of Science 数据库（检索时间：2016.4.16），共检索到 3434 篇，文献的年度数量分布情况如表 1 所示。

表 1 文献数量按年分布表

年份	国外文献数量
2006	100
2007	139
2008	126
2009	169
2010	232
2011	351
2012	409
2013	503
2014	660
2015	745

由上表可知，以一年为一个单位，国外文献数量从 2006 年的 100 篇增长到 2015 年的 745 篇，数量上是原先的 7 倍多，说明新能源汽车产业研究文献的增长速度非常快，研究趋势整体不断上升。这也是我们通过科学知识图谱研究新能源汽车产业热点、前沿和科学合作情况的重要基础和意义。

3 研究过程与结果分析

3.1 软件参数的设置

软件运行参数的设置情况，如表 2 所示。

3.2 国际新能源汽车产业研究的国家合作情况

通过 CiteSpace III 软件，将各国的发文数量阈值设为 20，对发文数量 20 篇以上的国家进行共现分析，绘制出新能源汽车产业研究领域的国

家合作网络图谱(网络所涵盖的节点数(nodes=51) 发文国家的名称、最早发文年代、发文频次和中心度情况如表3所示。与链接线数(links=22))，如图1所示。Top 13

表2 软件运行参数的取值

软件参数	取值
时间分片 (Time Slicing)	时间范围: 2006-2015; 分割长度: 1年
主题词来源 (Term Source)	选择文献的题目、摘要、主题词等
主题词种类 (Term Type)	空值 (None)
节点种类 (Node Types)	作者、国家、主题词与关键词、引文
链接程度 (Links Strength)	Cosine
Top N per slice	30
网络约简 (Pruning)	路径发现 (Pathfinder) 与修剪切网络 (Pruning Sliced Networks)
可视化 (Visualization)	静态聚类视图 (Cluster View-Static) 与融合网络 (Merged Network)

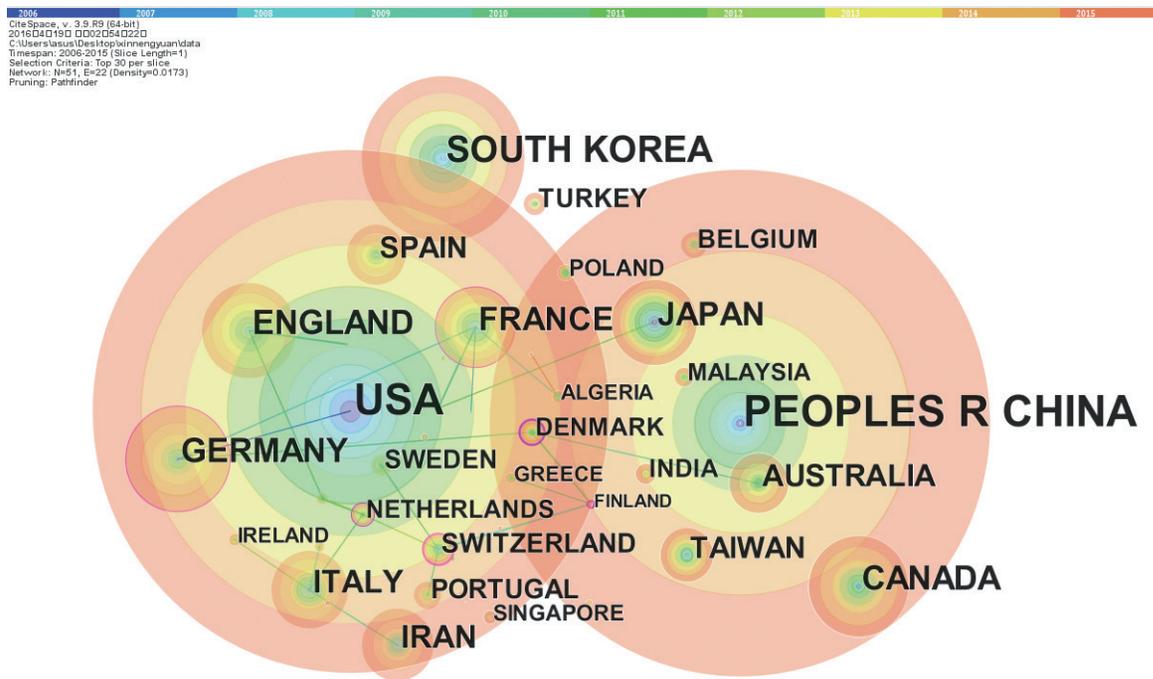


图1 国际新能源汽车产业研究的国家合作网络图谱

表3 国家的名称、出现年代区间、发文频次和中介中心度

序号	国家	年份	发文频次	中心度
1	美国 (USA)	2006	764	0.00
2	中国 (CHINA)	2006	738	0.00
3	韩国 (SOUTH KOREA)	2006	245	0.00
4	德国 (GERMANY)	2006	158	0.18

序号	国家	年份	发文频次	中心度
5	意大利 (ITALY)	2007	121	0.10
6	英国 (ENGLAND)	2006	148	0.03
7	法国 (FRANCE)	2006	123	0.15
8	日本 (JAPAN)	2007	130	0.00
9	加拿大 (CANADA)	2006	158	0.00
10	中国台湾 (TAIWAN)	2006	86	0.00
11	西班牙 (SPAIN)	2007	90	0.00
12	荷兰 (NETERLANDS)	2007	40	0.19
13	丹麦 (DENMARK)	2007	38	0.20

综合图 1 和表 3 数据可知, 尽管西方发达国家, 如美国、德国、意大利、英国、加拿大、法国、西班牙等研究实力较强, 其中美国研究实力最强 (发文达到 764 篇, 排名第二), 但是一些发展中国家, 如中国和伊朗 (IRAN) 等研究实力也较强, 尤其是中国的研究实力最强, 发文数量达到 824 篇 (涵盖中国台湾的 86 篇), 超过美国 60 篇。然而, 从国家间科研合作角度来看, 瑞士、荷兰、意大利、德国、英国、法国和美国等发达国家节点之间链接线的数量较多, 表明他们之间的科研合作多于其他国家。从图中可以明显地看出, 中国与其他国家之间的连接线数量极少, 说明我国

在新能源汽车研究领域一直单打独头, 未形成开放研究, 引领全球的效果, 因此未来亟待建立与其他国家之间的科研合作网络。

3.2 国际新能源汽车产业研究的起源文献和核心知识基础

引文共被引聚类时间演化图谱可以定位领域的奠基性文献、核心知识基础和研究进展。通过将 CiteSpace III 软件中节点的类型设置为引用文献 (cited Reference), 被引频次阈值设为 66, 视图布局采用时区 (Time zone) 形式, 进行共被引聚类分析, 绘制出国际新能源汽车产业研究引文共被引聚类的时区演化图谱, 见图 2 所示。

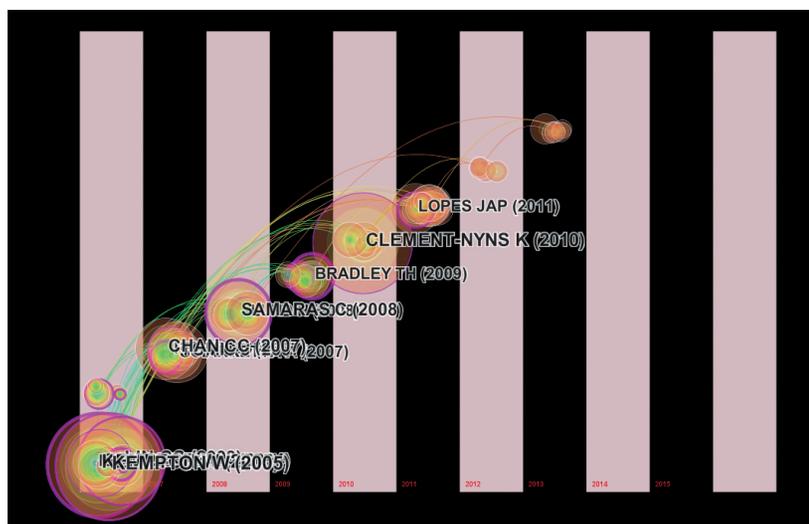


图 2 国际新能源汽车产业研究引文共被引聚类的时区演化图谱

从图2可以得知,国际高被引文献大多集中在2005-2008年,是领域奠基性文献的爆发周期。近两年高被引文献非常少,预示着领域研究的成熟度和扩散性开始上升,文献虽多,但缺乏标杆性文献,当然也与引用时间周期较短有关。在文献共被引连线方面,2005-2006期间的文献与后续年份文献的共被引频次较多,说明领域研究在奠基性文献的基础上,开始稳步发展。具体地,我们利用百度学术搜索图谱中节点最大的奠基性文献 *Vehicle-to-grid power fundamentals: Calculating capacity and net revenue*, 发现这篇文章从2005年发表开始,到2016年8月21日期间被引用了1120次,文章主要详细定义三种新能源汽车——混合动力汽车、锂电池汽车和燃料

电池汽车到电网(V2G)双向互动的原理,并设计了一系列模型计算出双向互动过程中电网对电动汽车供电的容量、成本和效益^[11]。此外,近几年(2010年之后)出现的最大奠基性文献是 *The Impact of Charging Plug-In Hybrid Electric Vehicles on a Residential Distribution Grid*^[12],从2010年发表至2016年8月21日期间被引用了1057次,文章主要分析研究了插电式混合动力车充电过程中对住宅配电网电力损耗和稳定的影响,并详细分析了两种电力协调的技术和方法。这几篇文章多被后续相关研究所引用,同时也是领域的经典文献和核心知识基础。同时,我们也通过引文共被引聚类图谱识别出Top20的被引突增文献,如图3所示。

Top 20 References with Strongest Citation Bursts

References	Year	Strength	Begin	End	2006 - 2015
WIPKE KB, 1999, IEEE T VEH TECHNOL, V48, P1751, DOI	1999	10.4501	2006	2010	
CHAN CC, 2002, P IEEE, V90, P247, DOI	2002	9.7357	2007	2009	
MARKEL T, 2002, J POWER SOURCES, V110, P255, DOI	2002	9.6566	2007	2011	
LEMOINE DM, 2008, ENVIRON RES LETT, V3, P, DOI	2008	8.2604	2009	2011	
BRADLEY TH, 2009, RENEW SUST ENERG REV, V13, P115, DOI	2009	7.5507	2009	2012	
BAUMANN BM, 2000, IEEE-ASME T MECH, V5, P58, DOI	2000	5.9787	2007	2010	
EHSANI M, 2004, MODERN ELECT HYBRID, V, P	2004	5.8681	2007	2009	
MEO S, 2007, INT REV ELECTR ENG-I, V2, P751	2007	5.2548	2010	2011	
MORENO J, 2006, IEEE T IND ELECTRON, V53, P614, DOI	2006	5.1149	2007	2010	
JOHNSON V, 2000, 2000011543 SAE, V, P	2000	4.8629	2007	2009	
LUKIC SM, 2004, IEEE T VEH TECHNOL, V53, P385, DOI	2004	4.8234	2006	2012	
HE XL, 2002, IEEE T INTELL TRANSP, V3, P235, DOI	2002	4.7773	2006	2009	
STEPHAN CH, 2008, ENVIRON SCI TECHNOL, V42, P1185, DOI	2008	4.7238	2009	2012	
ONODA S, 2004, IEEE T VEH TECHNOL, V53, P390, DOI	2004	4.6873	2006	2010	
EHSANI M, 1997, IEEE T IND ELECTRON, V44, P19, DOI	1997	4.5621	2006	2010	
CHAN C C, 2001, MODERN ELECT VEHICLE, V, P	2001	4.559	2006	2008	
SALMASI FR, 2007, IEEE T VEH TECHNOL, V56, P2393, DOI	2007	4.4489	2011	2012	
PARKS K, 2007, NRELTP64041410, V, P	2007	4.4305	2010	2011	
BURKE AF, 2007, P IEEE, V95, P806, DOI	2007	4.3707	2010	2011	
EMADI A, 2008, IEEE T IND ELECTRON, V55, P2237, DOI	2008	4.3681	2009	2010	

图3 Top20 被引突增文献

图 3 展示出第一篇论文完成于 1999 年，共被引强度最高，达到了 10.45，被引时段是 2006 至 2010 年。第二篇和第三篇论文完成于 2002 年，共被引强度分别达到了 9.74 与 9.66，从发表时间和引用时间上看，这些被引突增文献都属于新能源汽车产业研究伊始时的热点。在被引突增 Top3 文献中，第一篇为 *ADVISOR 2.1: a user-friendly advanced powertrain simulation using a combined backward/forward approach*，文章重点介绍了一种先进的融合后置和前置模拟方法的用户友好型汽车动力系统仿真器模型^[12]。第二篇名为 *The state of the art of electric and hybrid vehicles*，该文概述了电动和混合动力汽车的现状和最新技术发展水平，并强调了汽车、电动机传动系统、电子器件、能源储存和控制集成和融合，以及政府、工业、研究机构、电力机构和运输系统等社会力量之间进行新能源汽车产业化合作的重要性，并阐述了电动汽车产业化和商业化面临的挑战^[13]。第三篇文章为：*ADVISOR: a systems analysis tool for*

advanced vehicle modeling，详细介绍了一种由美国能源部（DOE）联合美国国家可再生能源实验室（National Renewable Energy Laboratory），在 MATLAB / Simulink 环境下，开发设计的一款先进汽车模拟器（ADVISOR）。ADVISOR 提供一个易于使用的，灵活的且非常强大的分析软件包，内含一系列模型、数据和脚本文件，可以在给定的道路循环条件下利用车辆各部分参数，快速地分析传统汽车、纯电动汽车和混合动力汽车的燃油经济性、动力性以及排放性等各种性能^[14]。

3.3 国际新能源汽车研究的前沿与热点

术语与关键词共现知识图谱可以反映出领域的前沿与热点主题，因此本文将节点类型设为主题词和关键词，将关键词频次阈值设为 60，利用 CiteSpace III 软件，在所设置的参数条件下，构建领域术语与关键词共现的知识图谱，如图 4 所示，融合网络中，节点数量 92 个，链接线条 99 条。此外，我们也列出了 Top 18 热点关键词的名称、出现年

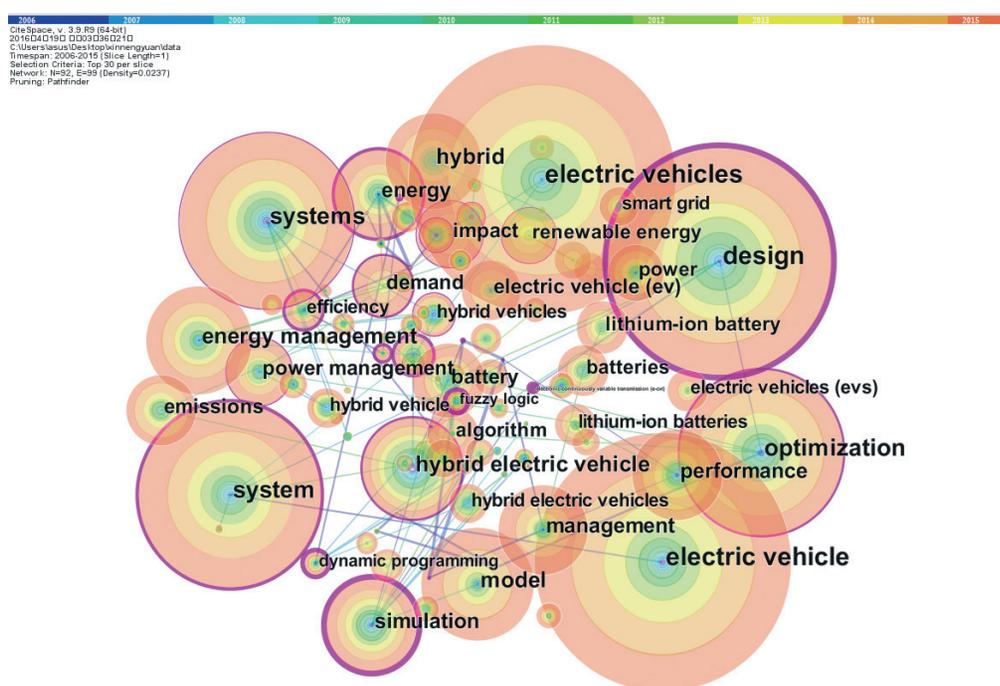


图 4 国际新能源汽车研究文献术语和关键词融合的共现网络

表4 国际新能源汽车产业研究 Top18 热点关键词的名称、出现年代区间、出现频次和中介中心度

序号	关键词	年份	出现频次	中心度
1	电动汽车 (electric vehicles)	2006	766	0.05
2	设计 (design)	2006	331	0.89
3	系统 (system)	2006	270	0.56
4	优化 (optimization)	2006	245	0.32
5	模型 (model)	2008	169	0
6	能源管理 (energy management)	2007	161	0.1
7	混合动力电动汽车 (hybrid electric vehicle)	2006	149	0.39
8	氢 (hydrogen)	2008	144	0.04
9	性能 (performance)	2006	137	0.08
10	仿真 (simulation)	2006	137	0.96
11	能源 (energe)	2006	131	0.41
12	电池 (battery)	2009	111	0.04
13	电源管理 (power management)	2007	101	0.11
14	锂离子电池 (lithiumion battery)	2011	83	0
15	可再生能源 (renewable energy)	2012	82	0.12
16	混合动力汽车 (hybrid vehicle)	2007	64	0.11
17	混合动力电动汽车 (hybrid electric vehicles)	2007	63	0.02
18	效率 (efficiency)	2006	60	0.54

代区间、出现频次和中介中心度，如表4所示。

结合图4和表4，可以看出，国际新能源汽车产业研究领域的热点主题主要涵盖电动汽车开

发设计过程中的软硬件设计 (design)、系统开发 (system)、性能优化 (optimization)、能源管理 (energy management)、仿真 (simulation)、能源

(energy) 和电源管理 (power management)。它们的出现频次分别达到 331、270、245、161、137、131 和 101，中心度分别达到 0.89、0.56、0.32、0.1、0.96、0.41 和 0.11。此外，混合动力电动汽车 (hybrid electric vehicle) 的新能源汽车产业研究领域的主攻方向，出现频次共计达到 276 次，中心度共计为 0.52。从关键词出现时间上看，可再生能源 (renewable energy) 和锂离子电池 (lithiumion battery) 是近五年 (2011-2015) 的研究前沿热点。

3.4 国际新能源汽车研究领域的核心作者及其之间的科研合作

主要科研人员的合作网络分析可以清晰直观地反映出领域的核心作者及其之间的科研合作情况^[14]。我们利用 Citespace III 软件，对领域发文频次 8 篇及其以上的科研作者进行共现分析，绘

制出新能源汽车产业领域主要研究人员的科研合作网络，如图 5 所示。网络中节点数为 251，链接线数为 213 条。

由图 5 可知，图谱中聚类节点较多，较为分散，而且聚类节点之间的连线不多，这表示研究组织复杂性的学者人数较多，研究联系较少，彼此间学术交流并不频繁。其中 Liangfei Xu、Xuebing Han、Languang Lu、Hewu Wang、Jianqiu Li、MingGao Ouyang、Hui Zhang、Junmin Wang、Rongrong Wang、Nan Chan、Guodong Yin 等学者的合作最多，科研合作团队规模达到 16 位学者，团队隶属于清华大学汽车工程系的汽车安全与节能国家重点实验室，研究领域主要涉及：城市客车多能源一体化混合动力系统，分布式电池管理系统，锂离子电池系统安全性建模、测试与电池系统集成的关键技术。

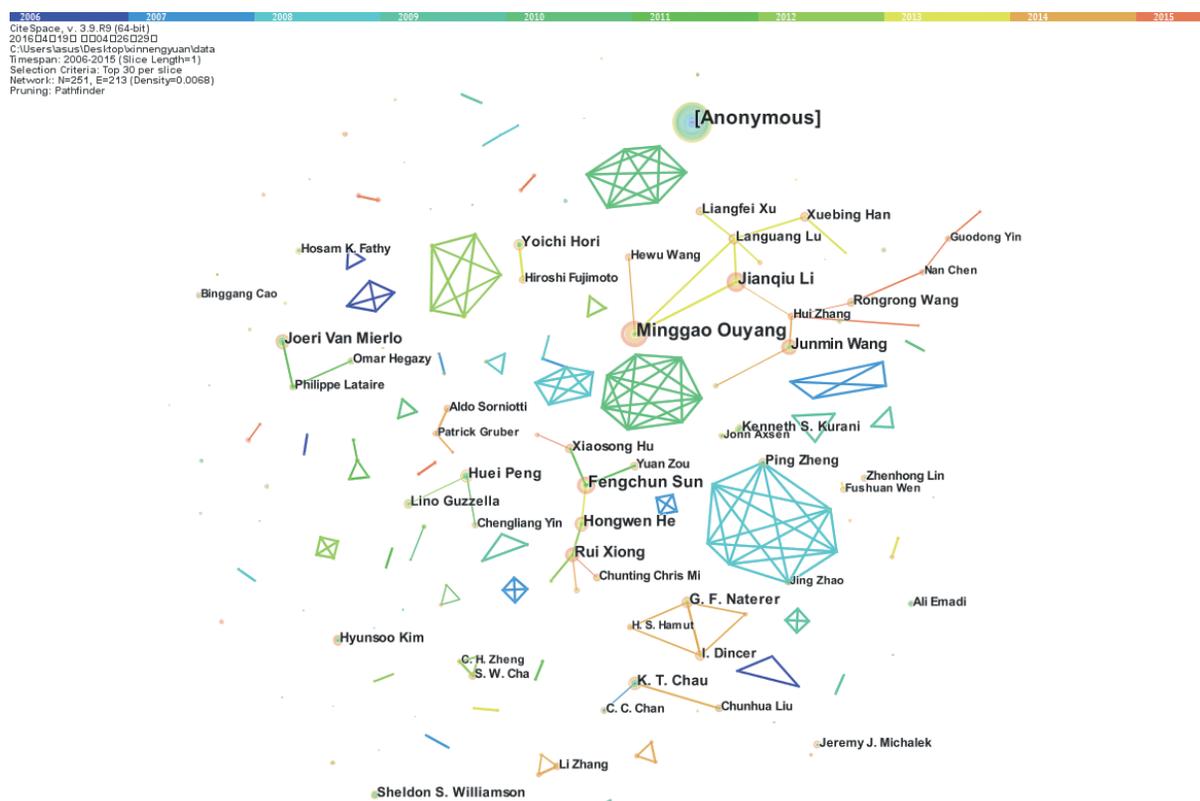


图 5 国内新能源汽车产业领域的主要科研人员及其合作共现网络^[14]

排名第二的国际性科研团队由 Xiaosong Hu、Yuan Zou、Fengchun Sun、Hongwen He、Rui Xiong、Chunting Chris Mi 等 9 位学者组成,团队的研究方向主要为新能源车动态系统模型与控制、新能源汽车电池和电容器管理算法、可替代能源电力传动系统优化、锂电池系统估计与辨识、电气化车辆电网和交通系统集成等。此外,根据图谱统计出的科研团队规模及数量信息显示,两位作者的科研团队数量为 22 个,三位作者的科研团队数量为 12 个,四位的 9 个,五位的有 1 个,五位以上的有 6 个。

4 分析与讨论

本文运用 CiteSpaceIII 软件,融合 Web of Science 数据库中新能源汽车产业研究的大量文献数据,绘制出国际新能源汽车产业研究主要国家、作者、术语与关键词共现的科学知识图谱,以及引文被引聚类网络,以直观可视化的方式展示出:

(1) 国内外新能源汽车产业研究的前沿与热点主题

国际新能源汽车产业研究领域的热点主题主要涵盖电动汽车开发设计过程中的软硬件设计、系统开发、性能优化、能源管理、仿真、能源和电源管理。新能源汽车产业研究领域的主攻方向:混合动力电动汽车,近五年(2011-2015)的研究前沿:可再生能源和锂离子电池。

(2) 国家和作者的科研合作情况

中国的研究实力最强,发文数量达到 824 篇(涵盖中国台湾的 86 篇),美国次之(发文达到 764 篇)。西方发达国家:瑞士、荷兰、意大利、德国、英国、法国和美国等之间的科研合作较多,学术交流广泛,而中国与其他国家之间的科研合作极少,一直处于单打独斗状态,未形成开放研究,引领全球的效果。国际新能源汽车产业研究领域最大的科研团队都为中国,其中规模最大的科研团队隶属于清华大学汽车工程系的汽车安全与节

能国家重点实验室,团队成员数量达到 16 人。排名第二的科研团队由 9 位学者组成。

(3) 国际新能源汽车产业研究的起源文献和核心知识基础

国际新能源汽车产业研究的起源文献和核心知识基础主要包括: *Vehicle-to-grid power fundamentals: Calculating capacity and net revenue* (被引用了 1120 次), *The Impact of Charging Plug-In Hybrid Electric Vehicles on a Residential Distribution Grid* (被引用了 1057 次), *ADVISOR 2.1: a user-friendly advanced powertrain simulation using a combined backward/forward approach* (被引用了 547 次)。三篇文章分别详细研究了锂电池汽车和燃料电池汽车到电网(V2G)双向互动的原理、插电式混合动力车充电过程中对住宅配电网电力损耗和稳定的影响、一种先进的融合后置和前置模拟方法的用户友好型汽车动力系统仿真器模型。

然而,我国新能源汽车产业研究领域虽然在国际舞台占据一席之地,但在高影响力的起源文献、奠基性文献和经典文献较少,处于核心知识基础外围。此外,我国与其他国家之间的科研合作极少。

为此,(1)国家有关部门在选择新能源汽车产业研究机构以及方向策略时,要双管齐下,不仅要重视应用研究,也需要对基础研究领域给予一定的资金和资源支持。(2)各个研究机构要提高自身科研能力,充分发挥团队的作用,要加强科研方法的学习。(3)提高内地与国际学术交流程度,搭建内地与美国、欧洲、香港、台湾之间的稳定学术交流机制,充分运用自身语言优势、区位优势,尽快缩小各地间的差距;积极引导、鼓励内地学者向国际顶级学术刊物撰稿,提高命中率;吸引顶级海外华人学者回流。(4)中国学者及时追踪国际新能源汽车研究领域的前沿热点,并结合新能源汽车的特点和机制,创新性研究新能源汽车基础理论、技术原理、及应用生态圈(包

括应用过程上的电力优化、充点桩布局、性能优化等)。

参考文献

- [1] Kempton W, Tomić J. Vehicle-to-grid Power Implementation: From Stabilizing the Grid to Supporting Large-scale Renewable Energy[J]. *Journal of Power Sources*, 2005, 144(1):280-294.
- [2] Clement-Nyns K, Haesen E, Driesen J. The Impact of Charging Plug-In Hybrid Electric Vehicles on a Residential Distribution Grid[J]. *IEEE Transactions on Power Systems*, 2010, 25(1):371-380.
- [3] He Hongwen, Zhu J G, Jian L I. The State of the Art of Hybrid Electric Vehicle[J]. *Acta Armamentarii*, 2004, 34(4):297-300.
- [4] Markel T, Brooker A, Hendricks T, et al. ADVISOR: A Systems Analysis Tool for Advanced Vehicle Modeling[J]. *Journal of Power Sources*, 2002, 110(2):255-266.
- [5] Chen C. CiteSpace II: Detecting and Visualizing Emerging Trends and Transient Patterns in Scientific Literature[J]. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 2006, 57(3):360-372.
- [6] 胡泽文, 孙建军, 武夷山. 国内知识图谱应用研究综述[J]. *图书情报工作*, 2013, 57(3):131-137.
- [7] 胡泽文, 王效岳. 1998-2008年国内外本体应用研究计量分析及可视化[J]. *现代图书情报技术*, 2009(12):25-30.
- [8] 胡泽文, 武夷山, 孙建军. 数字资源保存的研究进展、热点与前沿[J]. *数字图书馆论坛*, 2013(2):24-38.
- [9] 胡泽文, 武夷山, 袁军鹏. 零被引研究文献的知识图谱分析——历史发展脉络、主体和高频主题[J]. *情报科学*, 2016(3):85-91.
- [10] 孙建军. 链接分析: 知识基础、研究主体、研究热点与前沿综述——基于科学知识图谱的途径[J]. *情报学报*, 2014, 33(6):659-672.
- [11] Kempton W, Tomić J. Vehicle-to-grid Power Fundamentals: Calculating Capacity and Net Revenue[J]. *Journal of Power Sources*, 2005, 144(1):268-279.
- [12] Wipke K B, Cuddy M R, Burch S D. ADVISOR 2.1: A User-friendly Advanced Powertrain Simulation Using a Combined Backward/Forward Approach[J]. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 1999, 48(6):1751-1761.
- [13] Chan C C. The State of the Art of Electric, Hybrid, and Fuel Cell Vehicles[J]. *Proceedings of the IEEE*, 2007, 95(4):704-718.
- [14] 杨国立, 张垒. 国际科学计量学研究力量分布与合作网络分析[J]. *图书情报研究*, 2012, 5(1):34-39.